

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-179220

(43)Date of publication of application : 12.07.1990

(51)Int.Cl.

H02H 7/04

H02H 9/02

(21)Application number : 01-086412

(71)Applicant : CHUBU ELECTRIC POWER CO  
INC

FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 05.04.1989

(72)Inventor : TAKASHIBA TSUKASA  
SHIBAZAKI MAKOTO  
FURUKAWA HATSUKICHI  
IWAGAMI MORIHIKO

(30)Priority

Priority number : 63223113

Priority date : 06.09.1988

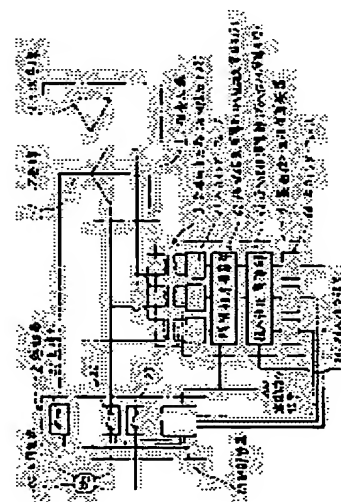
Priority country : JP

## (54) SUPPRESSOR FOR TRANSFORMER EXCITING RUSH CURRENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress an exciting rush current and to enable the variation with time of a steady-state magnetic flux directly after closing of a power supply through a breaker by constituting an optimal closing phase arithmetic unit from a residual magnetic flux operational means and a closing phase operational means and by using the output signal with an optimal closing phase through said arithmetic unit as a closing command for said breaker.

CONSTITUTION: An apparatus is provided with an each-phase step-down means 3 stepping down the induced voltage of a three-phase transformer 1 for each phase and with an optimal closing phase arithmetic unit 4 composed of a residual magnetic flux operational means 42 operating a residual magnetic flux in a three-phase transformer core at the time of breaking said three-phase transformer 1 by using the output voltage of said step-down means 3 as input signal and an individual closing phase operational means 43 computing a closing phase, where no exciting rush current is generated in each phase, on the basis of the output signal of said residual magnetic flux operational means 42. Then, the output signal of closing phase operational results by said phase arithmetic unit 4 is constituted as a closing command for said breaker 2. Thus, it is possible to reduce the exciting rush current of said transformer 1 at the time of closing a power supply to a substantially negligible degree below a rated current and said closing is made possible in a short time.



## LEGAL STATUS

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2685574号

(45) 発行日 平成 9 年 (1997) 12 月 3 日

(24) 登録日 平成 9 年 (1997) 8 月 15 日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 H 7/04			H 0 2 H 7/04	A
H 0 2 J 3/00			H 0 2 J 3/00	D

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平 1-86412	(73) 特許権者	999999999 中部電力株式会社 愛知県名古屋市東区東新町 1 番地
(22) 出願日	平成 1 年 (1989) 4 月 5 日	(73) 特許権者	999999999 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
(65) 公開番号	特開平 2-179220	(72) 発明者	高柴 幸 愛知県名古屋市緑区大高町北関山 20 番地 の 1 中部電力株式会社内
(43) 公開日	平成 2 年 (1990) 7 月 12 日	(72) 発明者	柴崎 誠 愛知県名古屋市緑区大高町北関山 20 番地 の 1 中部電力株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願昭 63-223113	(74) 代理人	弁理士 山口 巖
(32) 優先日	昭 63 (1988) 9 月 6 日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	審査官	富澤 哲生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変圧器励磁突流抑制装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 三角結線された巻線を備えた三相変圧器と、この三相変圧器を三相電源に投入・遮断するための遮断器とでなる三相回路で前記遮断器が投入されたときに前記三相変圧器に発生する過渡電流としての励磁突流を抑制する励磁突流抑制装置において、前記三相変圧器の誘起電圧を各相ごとに降圧する相別降圧手段と、この降圧手段の出力電圧を入力信号としてこの電圧を基にした時間積分を含む計算により前記三相変圧器が遮断されたときの三相変圧器鉄心中の残留磁束を演算する残留磁束演算手段及びこの残留磁束演算手段からの各相の残留磁束の演算出力信号を基にして、投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式を用いて、前記遮断器の各相それぞれの投入時点について、三相の内その投入時点で磁束が定常磁束に切り替わる相についてはその投入

10

2

時点以前のこの相の磁束とその投入時点以後のこの相の定常磁束とをその投入時点で整合させるという条件により前記遮断器の各相ごとに個別の最適投入位相を求める個別投入位相演算手段からなる最適投入位相演算装置とからなり、この最適投入位相演算装置による投入位相演算結果の出力信号を前記遮断器の投入指令として前記遮断器の各相をそれぞれの最適投入位相で各相個別に投入させてなることを特徴とする変圧器励磁突流抑制装置。

【請求項 2】 三角結線された巻線を備えた三相変圧器と、この三相変圧器を三相電源に投入・遮断するための遮断器とでなる三相回路で前記遮断器が投入されたときに前記三相変圧器に発生する過渡電流としての励磁突流を抑制する励磁突流抑制装置において、前記三相変圧器の誘起電圧を各相ごとに降圧する相別降圧手段と、この降圧手段の出力電圧を入力信号としてこの電圧を基に

した時間積分を含む計算により前記三相変圧器が遮断されたときの三相変圧器鉄心中の残留磁束を演算する残留磁束演算手段及びこの残留磁束演算手段からの各相の残留磁束の演算出力信号を基に三相同時投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式から三相同時投入の投入位相をパラメータとして三相の磁束の波形の山部および谷部の各波高値の絶対値の内の最大値を最大包絡線として求め、この最大包絡線が最小となる投入位相を三相共通の投入位相として求める投入位相演算手段からなる最適投入位相演算装置とからなり、この最適投入位相演算装置による投入位相演算結果の出力信号を前記遮断器の投入指令として前記遮断器の各相を前記最大包絡線が最小となる三相共通の投入位相で各相同時に投入させることを特徴とする変圧器励磁突流抑制装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

この発明は変圧器を系統に投入する際に発生する励磁突流を抑制するための励磁突流抑制装置に関する。

【従来の技術】

変圧器を直接電源に投入すると励磁突流と称される過渡的な電流が一次側に流れることはよく知られている。その最大値は変圧器の容量にもよるが定格電流の数倍にないし十数倍にもなる。励磁突流の発生は変圧器内部の異常を検出するための差電流継電器の誤動作の原因になること、系統に瞬間的な電圧降下が生ずるなどの問題が生ずるが、差電流継電器の誤動作について投入後一定時間差電流継電器を動作しないようにしておくなどの対策で対処できるし、電圧降下についてはこれまで重要な問題とはなっていなかった。

しかし、近年のOA機器の普及、とりわけコンピュータの普及はより高い品質の電力が要求されるようになった。例えば系統の短絡事故によって一時的に停電になった場合、コンピュータ内のメモリーに記憶されているデータが一瞬にして消滅するし、電圧変動に対しても誤動作の原因になり得ることが考えられる。大きなコンピュータの場合専用の安定化電源を設けて上記のような支障が生じないように処置が講じられているが、パーソナルコンピュータのように小さなコンピュータの場合は十分な対策が講じられる訳ではないので安定な電力の供給が特に重要になる。この点でより品質の高い電力の供給を要求される結果となり実質的に励磁突流が発生しないとみなせる程度としてその変圧器の定格電流以下に励磁突流を抑制することが必要になりその対策の一貫として励磁突流抑制対策が重要になって来た。

励磁突流発生は変圧器鉄心の非線型飽和特性によって生ずるもので更に残留磁束と言われているヒステリシス現象によって電源遮断後に変圧器鉄心中に残る磁束によって励磁突流の値がなおさら増大することがある。ただ、励磁突流はその変圧器に電圧を印加する時の位相によりその値は変わりまた電圧遮断時の位相によって残留

磁束の値が変わるので励磁突流の大きさは不確定であるが、励磁突流が最大となる条件とその値について検討されたり対策されたりする。この条件での励磁突流発生現象について第11図、第12図を基に説明する。

第11図は変圧器を含む結線図、第12図はこの変圧器に電源投入時の電圧等の時間的変化を示す波形図である。第11図において、単相の電源65の電圧 $V_q$ が丁度零になる時点で開閉器62が閉じて変圧器61の一次側に印加されたとする。この電源65の電圧 $V_q$ に相当する逆起電圧が発生するためには鉄心中の磁束密度 $B$ は第12図の $B'$ の波形とならねばならない。すなわち、この電圧に対する定常状態での鉄心中の定格磁束密度最大値を $B_s$ とすると第12図の磁束密度の最大値 $B_s$ はこの $B_s$ の2倍の残留磁束密度 $B_r$ との和となり、次式で表される。

$$B_s = 2B_r + B_r$$

一方、変圧器鉄心に使用される珪素鋼板の飽和磁束密度 $B_s$ に対して定格磁束密度 $B_s$ は80%以上に設計されるのが一般であり、また残留磁束密度 $B_r$ の最大値は定格磁束密度 $B_s$ の70%程度なので磁束密度の最大値 $B_s$ の最大値は飽和磁束密度の約220%になる。

第12図で磁束密度 $B$ が飽和磁束密度 $B_s$ より小さい時は鉄心の比誘率率は非常に大きいことから一次巻線のインダクタンスは非常に大きいので励磁電流 $I_m$ は小さく第12図では無視して零として表示している。磁束密度 $B$ が飽和磁束密度 $B_s$ より大きくなると鉄心中の磁束密度は飽和してしまい一次巻線のインダクタンスは空心のインダクタンスとなりこの値はおおむね定格電圧と定格電流の比を定格インピーダンスとすると、この空心インダクタンスに相当するインピーダンスは定格インピーダンスの数の1なのでこの時の電流は定格電流の数倍となるが、これが励磁突流であり第12図の $I_m$ である。数10MVA程度の変圧器の励磁電流の大きさは定格電流の1%以下故この励磁電流 $I_m$ は励磁突流 $I_m'$ の大きさに比べて略3桁小さい。

第12図での点線で示した磁束密度 $B'$ 、励磁突流 $I_m'$ は巻線などの抵抗を無視した時の波形であるが、実際にはこの抵抗があるために励磁突流 $I_m'$ は抵抗分だけ小さくなりこれに伴って磁束密度 $B$ の波形も下になり直流成分が減衰し次のサイクルで飽和磁束密度 $B_s$ を越える部分が小さくなり従ってこのサイクルでの励磁突流 $I_m'$ も小さくなる。このように励磁突流は回路の抵抗成分によって時間と共に減衰し、いずれ定常状態に達する。

電力系統は一般に平衡三相交流であるので、3相のうち少なくとも1相が励磁突流を発生する条件となる確率が高いことから、前述のような単相の場合に比べてより高い頻度で励磁突流が発生することが知られている。また、励磁突流が問題になるのは前述のように電力系統においてであるから、励磁突流抑制対策も平衡三相交流系統を対象とするのが普通であり、以下のこの発明の説明においても特に断らない限り平衡三相交流系統について

記載する。

励磁突流の値は前述のように遮断時の変圧器鉄心内の残留磁束量と投入時の投位相との関係により決まるので、投入の度ごとに異なる値の励磁突流が発生するのであるが、励磁突流に対する何らかの検討や対策を行う際には理論的に得られる励磁突流の最大値でもって励磁突流の値とするのが一般である。実際に発生する励磁突流からこの励磁突流最大値を得るためには、何度も変圧器電源を遮断、投入を繰り返すことにより得られるが試験的にこのような測定が行われることがあるにしても一般的ではない。

励磁突流最大値としての励磁突流の値は変圧器の容量によって変わり、一般に変圧器容量の大きい程励磁突流の定格電流に対する比率は低下する。10万kVA前後の大容量器が5ないし6倍、千kVA前後の小容量の変圧器では10倍前後である。

励磁突流の抑制方法として具体的に実用されている方法としては、変圧器一次側に負荷時タップ切換器が有る時に一次側の巻線の巻数が最も大きいタップを選んだ状態で系統に投入し前記の磁束密度 $B_m$ をなるべく小さい値にするという方法がとられている。この方法は前記の系統の電圧に対する磁束密度 $B_m$ を小さくすると言う方法であり、巻数最大時の磁束密度 $B_m$ の値にもよるが大幅な励磁突流の抑制を期待することはできない。

また、実用されているものではないが、励磁突流抑制の方法として提案されている方法には次のようなものがある。

#### イ) 抵抗2段階投入

開閉器と変圧器との間に直列抵抗を接続して投入し、一定の時間経過後直列抵抗を短絡するというように、変圧器を電力系統に投入するのに2段階に分けて投入することにより励磁突流を低減する。この方式によって大幅な励磁突流低減効果は得られるが、原理的に励磁突流を無くすることは不可能の構成であり、現在要求される高品質の電力供給のための励磁突流抑制方式としては不十分な性能しか期待できない。

ロ) 負荷タップ切り換え変圧器を一次側に設けて投入する変圧器の一次側電圧を順次上昇させることにより励磁突流が発生しない投入を行う。この方式はこの発明の出願人により提案され、特願昭62-255980号に示されているものであるが、投入に時間がかかるので系統の運用上に支障が生ずるという問題がある。

ハ) 遮断時の位相を記憶しておき投入位相をこの位相に合わせる。この方式は特開昭55-100034号公報に示されているものであるが、3層の残留磁束は遮断時の電圧位相で一義的に決まるものではなく、遮断後の過渡的な電圧や、また1相が遮断されても他相がまた遮断されていない場合は、3相電氣的・磁氣的な結合により遮断相の磁束もまた変化するため、必ずしも3相の各残留磁束に合致した位相で3相投入できるとは限らないので、期待

する励磁突流抑制効果が得られないという問題がある。

ニ) 3相のうちの1相を電圧波形の最大値となる位相で投入し他の2相を遅れて投入する。この方式は特開昭55-93619号公報と特開昭55-94540号公報に示されており、励磁突流低減効果として無対策の場合に比べて約3分の1の低減効果が期待できるが、励磁突流を実質的に無くすることは出来ないという問題がある。

この外にも残留磁束をL-C回路の減衰振動で消磁する方法なども考えられているがその効果は期待程ではないことが分かっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

実用されている励磁突流抑制方式である変圧器の巻数が最も大きいタップ位置で電源投入する方法は、一般にタップ範囲は10から20%程度の範囲故、励磁突流の低減はせいぜい20%程度が期待される程度であり、励磁突流を実質的に無くすることはできない。

前述の他の方式も、励磁突流を実質的に無くする程度に抑制できても投入に時間がかかるという問題があり、他のものはある程度の励磁突流低減効果は期待できるにしても実質的に無くすることはできないという問題がある。

この発明は、変圧器の電源投入時の励磁突流を定格電流以下の実質的に無視できる程に小さくし、しかも短時間に投入が可能な励磁突流抑制装置を提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

上記の課題を解決するために、この発明によれば、三角結線された巻線を備えた三相変圧器と、この三相変圧器を三相電源に投入・遮断をするための遮断器とでなる三相回路で前記遮断器が投入されたときに前記三相変圧器に発生する過渡電流としての励磁突流を抑制する励磁突流抑制装置において、前記三相変圧器の誘起電圧を各相ごとに降圧する相別降圧手段と、この降圧手段の出力電圧を入力信号としてこの電圧を基にした時間積分を含む計算により前記三相変圧器が遮断されたときの三相変圧器鉄心中の残留磁束を演算する残留磁束演算手段及びこの残留磁束演算手段からの各相の残留磁束の演算出力信号を基にして、投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式を用いて、前記遮断器の各相それぞれの投入時点について、三相の内その投入時点で磁束が定常磁束に切り替わる相についてはその投入時点以前のこの相の磁束とその投入時点以後のこの相の定常磁束とをその投入時点で整合させるという条件により前記遮断器の各相ごとに個別の最適投入位相を求める個別投入位相演算手段からなる最適投入位相演算装置とからなり、この最適投入位相演算装置による投入位相演算結果の出力信号を前記遮断器の投入指令として前記遮断器の各相をそれぞれの最適投入位相で各相個別に投入させるものとし、また前記三相変圧器の誘起電圧を各相ごとに降圧する相別降圧手段と、この降圧手段の出力電圧を入力信号

としてこの電圧を基にした時間積分を含む計算により前記三相変圧器が遮断されたときの三相変圧器鉄心中の残留磁束を演算する残留磁束演算手段及びこの残留磁束演算手段からの各相の残留磁束の演算出力信号を基に三相同時投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式から三相同時投入の投入位相をパラメータとして三相の磁束の波形の山部および谷部の各波高値の絶対値の内の最大値を最大包絡線として求め、この最大包絡線が最小となる投入位相を三相共通の投入位相として求める投入位相演算手段からなる最適投入位相演算装置とからなり、この最適投入位相演算装置による投入位相演算結果の出力信号を前記遮断器の投入指令として前記遮断器の各相を前記最大包絡線が最小となる三相共通の投入位相で各相同時に投入させてなるものとする。

#### 〔作用〕

この発明の構成において、電子装置としての最適投入位相演算装置の入力信号に適するように三相変圧器の相電圧を降圧する降圧手段により三相変圧器が遮断されたときの過渡的に変化する最終的に零になる各相の相電圧を降圧し、この降圧された3つの相電圧を入力信号として残留磁束演算手段により電圧を時間積分することによって三相変圧器の鉄心内の残留磁束を演算し、投入位相演算手段により投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式から導出される計算式を用いて励磁突流の発生しない3相それぞれ異なる最適の投入位相を演算してこの演算結果を最適投入位相演算装置の出力信号とし、この出力信号を遮断器の位相制御装置の投入位相信号として遮断器で各相個別に投入させる。また3相を同じ位相で同時投入するときの励磁突流が最小になる最適位相を演算する投入位相演算手段により同時投入時の磁束と投入位相および残留磁束との関係式から導出される計算式を用いて励磁突流が最小となる投入位相を演算してこの演算結果を最適投入位相演算装置の出力信号とし、この出力信号を同時投入が可能な遮断器の位相制御装置の投入位相信号として遮断器を各相同時に投入させる。

#### 〔実施例〕

第1図はこの発明の実施例を示すブロック回路図で、三相変圧器1は星形結線の一次巻線11と三角結線の二次巻線12とでなり、鉄心の図示は省略してある。一次巻線11は三相電源100に遮断器2を介して接続されており、三相変圧器1の三相電源100への投入及び三相電源100からの遮断の両方がこの遮断器2の開閉操作によって行われる。

三相変圧器1が三相電源100から遮断されるときは、遮断器2は通常の遮断器と同じように一つの遮断指令20が遮断器2の制御装置25に輸入されて3相の主接点21, 22, 23を同時に動作させて3相一括遮断される。一方、投入のときは、各相別々に制御された投入位相に基づき投入することのできる位相制御機能付の遮断器である。

最適投入位相演算装置4は遮断時の過渡的に変化する

三相変圧器1の一次側の相電圧を計器用変圧器3により降圧された相電圧を入力データとしてこの三相変圧器1の鉄心内の残留磁束を残留磁束演算部42によって算出し、この残留磁束演算部42の出力信号を基にして後述の計算式に基づいて遮断器2を投入時に三相変圧器1に流入する励磁突流を抑制するのに最適な位相を投入位相演算部43によって算出しその結果を遮断器2の位相制御部25に輸入する機能を持つものである。

何らかの理由で遮断器2を動作させて三相変圧器1を三相電源100から遮断する必要が生じたとき、遮断指令信号200が外部から発せられ、この遮断指令信号200は直接遮断器2に通常の動作と同様にして遮断器2に遮断動作をさせる信号となるとともに、この遮断指令信号200は最適投入位相演算装置4の入力信号となってこの最適投入位相演算装置4による三相変圧器1の残留磁束演算の開始指令のための信号となる。一方、三相変圧器1の一次側の相電圧が3台の計器用変圧器3によって降圧され各相ごとに最適投入位相演算装置4の入力部としての入力インタフェース41に含まれるA/D変換器によってデジタル信号に変換されて残留磁束演算部42の入力信号となる。前述の遮断指令信号200によって残留磁束演算部42は演算を開始し、まずA/D変換された相電圧のデータを所定の時間間隔に従って残留磁束演算部42に取り込んで残留磁束演算部42内の記憶部に順次記憶させていく。その後、投入位相演算部43は所定の電算プログラムに従った決算を行って遮断器2によって三相変圧器1を三相電源100に投入する際の各相ごとの最適投入位相を求め、その結果を投入位相演算部43内の記憶部に記憶した上で待機する。

投入指令信号201が外部より発せられるとこの投入指令信号201は投入位相演算部43の入力信号となり、この入力信号に基づいて先に記憶しておいた各相の最適投入位相のデータを出力インタフェース44を介してデジタル信号をアナログ信号に変換するとともに制御装置25の位相制御信号として適した信号に変換した上で遮断器2の位相制御部25の投入信号とし、この入力信号に基づいて位相制御部25は主接点21, 22, 23にそれぞれの相ごとの投入位相に基づいた投入指令を出力しこの出力信号に基づいて主接点21, 22, 23が投入動作することにより所定の位相で三相変圧器1が三相電源100に投入されることにより励磁突流が実質的に発生しない理想的な投入が行われることになる。

遮断器2の主接点21, 22, 23並びに制御装置25は従来使用されているものであり、相毎の投入位相は制御装置25に付属するダイヤルを回して所定の位相を手で測定し、このダイヤルの位置に応じて指定した位相に比例した電圧が発生してこの電圧が制御装置25に内蔵されている各相の投入指令信号発進部に入力されることにより指定の位相で各相の主接点21, 22, 23が投入されるものであり、最適投入位相演算装置4の出力信号としての出力イ

ンタフェース44の出力信号は位相に比例した電圧値に対応する電気信号として出力される。

残留磁束演算部42によって三相変圧器1の残留磁束を相電圧から算出する方式は次の通りである。

三相変圧器1の各相の鉄心脚に誘起する電圧はこの三相変圧器1の相電圧に比例する。また、鉄心脚内の磁束量の時間的変化がその鉄心脚の相の誘起電圧となるので、相電圧から磁束を求めるためには相電圧を積分すれ\*

$$V_u = V_m \sin(\omega t)$$

$$V_v = V_m \sin(\omega t - 2/3 \pi) \quad \text{-----(1)}$$

$$V_w = V_m \sin(\omega t + 2/3 \pi)$$

$$\Phi_u = -\Phi_m \cos(\omega t)$$

$$\Phi_v = -\Phi_m \cos(\omega t - 2/3 \pi) \quad \text{-----(2)}$$

$$\Phi_w = -\Phi_m \cos(\omega t + 2/3 \pi)$$

ここで、

$V_m$  ; 相電圧波高値

$\varepsilon$  ; 角周波数

$t$  ; 時間

$\Phi_m$  ; 定常時の鉄心脚内磁束最大値

$V_u, V_v, V_w$  ; それぞれの相の相電圧

$\Phi_u, \Phi_v, \Phi_w$  ; それぞれの相の鉄心脚の磁束

今、遮断器2による遮断開始の少なくとも1サイクル※

$$\Phi_{ut}(t) = \int_{t_0}^t V_{ut} dt - \Phi_{u0} \quad \text{-----(3)}$$

ここで、

$t_0$  ; 積分開始時間

$t$  ; 時間

$\Phi_{u0}$  ; 積分開始時間 $t_0$ によって変化する計算上の直流成分補正項

前述のように積分開始時間 $t_0$ は遮断開始の少なくとも1サイクル前であるので、相電圧は勿論、磁束も定常状態の交流波形での最大値と最小値とが出現する筈であり、最大値と最小値とはその大きさが等しく符号が反対であるという特徴があるので、(3)式の積分を行うことにより $\Phi_{ut}(t)$ を時間関数の形で求め、この $\Phi_{ut}(t)$ の最大値と最小値とを、それぞれ $\Phi_{u2}, \Phi_{u1}$ とすると、前述の条件から $\Phi_{u0}$ を求めることができ、次式となる。

$$\Phi_{u0} = (\Phi_{u2} + \Phi_{u1}) / 2 \quad \text{----- (4)}$$

このように、遮断による過渡現象的な波形になる少な

\*ばよい。ただし、積分を開始する時点によって磁束には計算上の直流成分が含まれるのでこれを消去する必要がある。

今、各相を区別するために相の名前として通常変圧器に多く使用されるものとしてU,V,Wの3つの名称を付け位相の順序もこの順であるとする。U相の電圧を基準にして各相の定常状態における電圧、磁束量を式で表すと次式となる。

※前から残留磁束計算のための相電圧データの演算部42への取り込みを開始するものとする。そうすると、遮断開始後の相電圧の過渡的な変化が始まる前に相電圧、磁束ともに少なくとも1回ずつ交流波形の最大値と最小値とが存在することになる。

各相の遮断時の過渡的な相電圧、磁束を $V_{ut}, V_{vt}, V_{wt}, \Phi_{ut}, \Phi_{vt}, \Phi_{wt}$ とし、 $\Phi_{ut}$ の場合を例にとると、次式より $\Phi_{u0}$ が時間関数として計算される。

くとも1サイクル前の任意の時間を積分開始時間にするにより、相電圧を積分して鉄心脚の残留磁束を計算することができる。 $\Phi_{vt}, \Phi_{wt}$ もインデックスを変えるだけで $\Phi_{ut}$ と同じ式が成立する。

このような計算方式で実際に残留磁束を計算するのに大きく分けて2種類の方法があり、その一つはコンピュータによってデジタル演算として行う方法であり、もう一つの方法はアナログ演算回路により演算する方式である。対象とする回路の周波数が商用周波数である50ないし60Hzであるのでコンピュータによるデジタル演算でも計算時間に支障を生ずることはなく、またアナログ演算を採用するにしても、既成のアナログ演算回路を組み合わせるにより比較的簡単に演算回路が製作できるので、いずれを選択するかは別の条件から検討する必要があるが、後述の最適投入位相の計算にはコンピュータによるデジタル演算の方がアナログ演算よりも優れ

ている点が多いので、残留磁束計算もこれに合わせて第1図に示すように残留磁束演算も相電圧をA/D変換によってデジタル信号に変換してコンピュータによるデジタル演算とするのが妥当である。

三相変圧器1の鉄心の残留磁束を前述の計算式で求めたあと、引き続いて各相ごとの最適投入位相を求めることになる。遮断器2の各相の主接点21,22,23が別個に順次投入されるときに、変圧器の結線によって中性点の電圧の変化が異なりしたがって各相ごとの誘起電圧が異なるために鉄心内の磁束の変化が結線方式によって異なることから、最適投入位相は三相変圧器1の一次巻線の結線方式によって計算式が異なり、残留磁束が同一であっても最適位相は異なることになる。代表的な結線方式に対してそれぞれの最適投入位相計算式を以下に示す。な \*

$$\Phi_{u1} = \sqrt{3}/2 \cdot \Phi_m \{ \cos(\omega t + 1/6 \pi + \alpha_v) - \cos(1/6 \pi + \alpha_v) \} + \Phi_{rv} \quad (5)$$

$$\Phi_{v1} = -\Phi_{u1} + (\Phi_{rv} - \Phi_{ru})$$

$$\Phi_{w1} = \Phi_{rw}$$

ここで、 $\Phi_{ru}, \Phi_{rv}, \Phi_{rw}$ ; それぞれの相の残留磁束  
W相が投入された後の $\Phi_{u1}$ の式は、 $\omega t = \alpha_w$  における $\Phi_{u1}$ の値が $\Phi_{ru}$ になるという条件から次式となる。

$$\Phi_{u1} = \Phi_m \{ \cos(\omega t + 2/3\pi) - \cos(\alpha_w + 2/3\pi) \} + \Phi_{rv} \quad (6)$$

したがって、まず過渡磁束を生じさせないW相の最適※

$$\Phi_m \cos \alpha_w = \sqrt{3}/2 \Phi_m \{ \cos(\alpha_w + 1/6 \pi + \alpha_v) - \cos(1/6 \pi + \alpha_v) \} + \Phi_{ru} \quad (8)$$

U相の最適投入位相 $\alpha_u$ はV相の最適投入位相 $\alpha_v$ より小さければ任意でよいが、実際的には $\alpha_v$ と一致させU相とV相とは同時投入することにするのが妥当である。

それぞれの投入位相を360度以内に制限しても逆余弦関数は2価関数であるので、 $\alpha_v$ と $\alpha_w$ との2つずつの値を組み合わせから4種の組み合わせの最適投入位相の組み合わせが得られるが、これらの中にはU,V相投入後W相投入前の間に過渡磁束 $\Phi_{u1}, \Phi_{v1}$ のいずれかが定格磁束 $\Phi_m$ を越える場合があり、これらを除外すれば、結局唯一の最適位相の組み合わせとして $\alpha_v$ と $\alpha_w$ との差が最も小さいという条件のものが残り、これが求める最適投入位相である。この条件を満足する場合の例を以下に示す。第2図は、各相の残留磁束が定格電圧に対する定常時の磁束最大値のそれぞれ70,0,-70%の場合につ

\* お、この発明の対象とする比較的大容量の三相変圧器では必ず三角結線された巻線があるものなので、以下の記載においてもこれを前提とする。三角結線の巻線があると、各相の残留磁束の和が零になるという条件が常に満足される。

1) 一次巻線の結線が中性点非接地の星形結線の場合

この結線の場合は1相だけ投入されても励磁電流を変圧器に供給する回路ができないので変圧器は励磁されない。2相目が投入されて始めて変圧器は励磁状態になる。

この電圧をそれぞれの相の投入位相 $\alpha_u, \alpha_v, \alpha_w$  ( $\alpha_u < \alpha_v < \alpha_w$ ) で投入したときのU相とV相とが投入されW相は未投入における各相の鉄心脚内の磁束量 $\Phi_{u1}, \Phi_{v1}, \Phi_{w1}$ は次式となる。

※投入位相 $\alpha_w$ はこの式の直流成分が零であるという条件から求められ、その条件式は次式となるのでこの式をもとに $\alpha_w$ を求めればよい。

$$\Phi_{ru} = \Phi_m \cos(\alpha_w + 2/3\pi) \quad (7)$$

V相の最適投入位相 $\alpha_v$ は(2)式の $\Phi_u, \Phi_v$ と(5)式の $\Phi_{u1}, \Phi_{v1}$ とが $\omega t = \alpha_w$ の時点で一致するという条件が成立する次式から求められる。

いて試算した結果を示す波形であり、この時の最適投入位相は次の通りである。

$$\alpha_u = 216.2^\circ (= \alpha_v)$$

$$\alpha_v = 216.2^\circ$$

$$\alpha_w = 285.6^\circ$$

第2図において、a)はU相の磁束の波形を表し、左側の縦軸を時間tが零の起点とすると、この $\Phi_u$ は(2)式と一致する余弦関数となっている。b)からe)は最適投入位相として計算された4通りの投入位相を組み合わせのそれぞれの条件での波形を示しており、b)とc)とが同一のW相投入位相 $\alpha_w$ の場合であり、d)とe)とが別の値のW相投入位相 $\alpha_w$ の場合である。それぞれの波形図における時間 $t_1$ はU,V相を同時に投入した時間であり、 $t_2$ はW相を投入した時点であり、これらはいずれも投入位相 $\alpha_u, \alpha_v, \alpha_w$ にもとづいて決



定されたものである。

b), c), d) の3つの波形では時間 $t_1, t_2$ との間で定格磁束 $\Phi_m$ を越えた波高値を示しており、これらの3つの条件は最適投入位相として適当でないことを示している。したがって、この条件ではe) の場合が最適投入位相として適した条件であるといえる。このe) の各相の最適投入位相が前述の数値である。

2) 一次巻線の結線が中性点直接接地の星形結線の場合。

この結線の場合は1相投入されるとその相には定常電圧がかかる。通常変圧器は前述のように三角結線の巻線を持っているのでその1相の電圧の半分ずつが逆位相でまだ投入されていない2相に誘起し、それに対応して各相の鉄心脚の磁束が変化する。ある時間後残りの2相を同時投入することにより、前項同様、過渡磁束が定格磁束 $\Phi_m$ を越えないようにすることができる。中性点直接接地の星形結線では二つの相が投入されればもう一つの相にも定常電圧が誘起されるから、残りの2相の同時投入に時間差が生じても、先に投入された瞬間を2相同時投入とみなすことができる。

最初の投入相をU相とし、ある時間後の同時投入相をV,W相とすると、まずU相の最適投入位相 $\alpha_u$ は次式から求められる。

$$\Phi_{ru} = \Phi_m \cos(\alpha_u) \quad \dots\dots (9)$$

三相残留磁束の総和は零であるから、V相の磁束についての次式の $\alpha_v$ がV,Wの2相の同時投入最適位相と求まる。

$$\begin{aligned} \Phi_m \cdot \cos(\alpha_v - 2/3 \pi) \\ = 1/2 \Phi_m \{ \cos(\alpha_v) - \cos(\alpha_u) \} + \Phi_{ru} \end{aligned} \quad \dots\dots (10)$$

この結線の場合も最適位相の組み合わせは4通りができるが、前項の場合と同様過渡磁束が定格磁束 $\Phi_m$ を越えなような組み合わせはただ1通りであり、この場合も前項と同じように $\alpha_v$ と $\alpha_u$ との差の最も小さい組み合わせが該当する組み合わせである。

3) 一次巻線の結線が三角結線の場合

この場合は中性点非接地の星形結線の場合と同様、最初の2相を同時投入し、ある時間後残りの1相を投入することになるが、各相の磁束の時間変化は中性点直接接地の星形結線の場合と同じになる。したがって、最適投入位相の数値は中性点直接接地と同じで、中性点直接接地の場合の最初の1相投入位相と同じ位相で2相投入とし、残りの1相の投入位相は中性点直接接地の場合の後の2相の同時投入位相と同じにすればよい。

上述のように、一次巻線の結線方式に応じた最適投入位相を計算するための計算式を示したが、これらの式は、異なるにしても各相の最適位相は次余弦関数の形で表現されているので、それぞれの最適位相の値を計算するには逆余弦関数を求めればよいことになる。例えば、(6)式から $\alpha_v$ を求めると次式となる。

$$\alpha_v = \cos^{-1}(\Phi_{ru}/\Phi_m) + 2/3 \pi \quad \dots\dots (11)$$

$\Phi_m$ は常に正であるが、 $\Phi_{ru}$ の符号は負であることも考慮し逆余弦関数が多価関数であることを考慮し前述の条件から4通りの組み合わせの中から最適投入位相の組み合わせを求めればよい。

実際に最適投入位相演算装置4で最適投入位相を計算するのはコンピュータによるデジタル演算が妥当である。その理由の一つは、一次側の結線が異なる三相変圧器1に対してハードとしての装置は同一のものでよく単にソフトウェアを変えるだけで任意の結線のものに適用可能であることである。また、異なるソフトウェアにしても共通部分は多い。もう一つの理由は逆三角関数の計算などはアナログ演算では必ずしも容易ではないが、ソフトウェアではその実現は容易である、の2つの理由による。

このように理由からこの発明における最適投入位相演算装置4を構成するものとして第1図に示すように残留磁束演算部42と個別投入位相演算部43との演算部としてCPUと記憶部とでなるコンピュータによる構成としたので、この演算部に組み込まれるソフトウェアについて更に詳述する。

第3図は前述の演算部に組み込まれるソフトウェアのブロック図である。

個々のブロックごとの詳細は次の通りである。なお、残留磁束演算部42と投入位相演算部43との区別の図示の通りであり、これら2つの演算部42,43を1つのCPUにソフトウェアとして組み込む場合には、第1図に示すようなハード的な区分は不可能であり、この図のように、ソフトウェアのブロック図の中で区別が可能である。

#### ①遮断指令判定401

演算部が動作を初めても遮断指令信号が入力されない間に待機の状態を維持する。遮断指令信号が入力されて初めて次のステップに移る。

#### ②相電圧データ入力・記憶402

計器用変圧器からA/D変換器を介して演算部42に入力されたデジタルデータは、所定の時間間隔ごとに入力データとして処理され、演算部42内の記憶部に入力の順序に応じた記憶番地に記憶される。入力の時間間隔は位相角1度ごとに行うとして50ないし60Hzの周波数に対しては約50マイクロ秒である。

#### ③積算・記憶403

①で演算部42に記憶されたデータを一つ一つ積算する。n回目に積算された値を $F_n$ とすると、この $F_n$ を別の記憶領域に記憶する。この積算は数値積分を行うものであるので、単なる積算ではなく数値積分の手法である台形積分、あるいはより計算精度の高いシンプソンの公式を使用した数値積分など、採用する数値計算手法によって積算の仕方は少し異なるがこれらは通常の技術計算において多用されている手法であるので詳しい説明は省略する。

## ④残留磁束計算404

(4) 式の $\Phi_{u2}$ ,  $\Phi_{u1}$ に比例する値として③で積算され記憶されたデータ $F_n$ の最大値と最小値として $F_{n\max}$ ,  $F_{n\min}$ を求める。このような複数のデータから最大値、最小値を求める方法も多用される既知のアルゴリズムであるので詳述を避ける。(4) 式の直流成分補正項に比例する $F$ の値としての $F_0$ は $F_{n\max}$ と $F_{n\min}$ を用いて次式から求められる。

$$F_0 = (F_{n\max} + F_{n\min}) / 2 \quad \cdots \cdots (12)$$

## ⑤残留磁束の計算405

③における積算の最終値を $F_n$ とすると、残留磁束に比例する値 $F_r$ は次式で求められる。

$$F_r = F_n - F_0 \quad \cdots \cdots (13)$$

以上で残留磁束に比例する値を求めるステップは終了するが、求められた $F_r$ は残留磁束に比例する値であっても残留磁束の値そのものではない。次に述べる最適位相演算に使用される三相変圧器1の鉄心の定格電圧に対する定常時の最大磁束量 $\Phi_m$ を演算部42のデータとして記憶させる際のデータと同一の比例関係にあるように $F_0$ ,  $F_{n\max}$ ,  $F_{n\min}$ 並びに $F_r$ などのデータに所定の比例定数を掛けて以下の演算に支障のないようにしておく必要がある。実際には遮断前の少なくとも1サイクルを経過した相電圧の最大値と最小値との差の2分の1を定格電圧であると見なすと、定常時の最大磁束量 $\Phi_m$ に比例する $F$ の値としての $F_0$ は次式のいずれから求められる。

$$F_0 = F_{n\max} - F_0 = F_{n\min} + F_0 = (F_{n\max} - F_{n\min}) / 2 \quad \cdots \cdots (14)$$

したがって、特に $\Phi_m$ の値に関するデジタルデータをあらかじめ演算部に記憶させておかななくとも最適投入位相の演算は可能であり、また、それぞれの $F$ の値を上記に定義された状態のまま使用することでなんら支障は生じない。

各相の残留磁束を考慮して最適投入位相を決定しこの最適投入位相に基づいて投入する方式は、前述の通り鉄心内の磁束密度は定格電圧に対する定常時の磁束密度を越えることがないので理論的には励磁突流は全く発生しない励磁突流抑制方式として理想的な方式である。実際には残留磁束や投入位相の演算時の桁落ちや遮断器2の投入位相の指令値からのずれなどがあり投入位相が理論値よりずれることにより励磁突流が発生する場合が生ずる。それでもこの発明が目的とする励磁突流を定格電流\*40

\*以下にする抑制効果は充分満足することができる。

計器用変圧器3については図では電磁誘導電器としての計器用変圧器を示しているが、FDと称されているコンデンサ分圧を利用した計器用変圧器、あるいは抵抗分圧を利用したものでもよく、また、第1図では三相変圧器1の一次側から相電圧をとるものとして図示してあるが、二次側からとってよく、更に三相変圧器を製作する際にあらかじめ相電圧をとるための小さい巻線を設けることでもよい。

10 降圧変圧器としての三相変圧器の場合は一次側の電圧が高く二次側の電圧が低いので二次側に変成器を接続した構成の方が安価な変成器を採用することができることの方が多い。

また、この発明を実施する上での従来装置に加える必要のある装置の主なもの最適投入位相演算装置4であるが、これを構成する演算部やA/D変換器などの電子装置は従来使用されている部分から容易に製作できるものであり、価格も比較的安価に製作できるものである。

20 第4図はこの発明の別の実施例を示すブロック回路図である。この図において、第1図と同じ構成体については同じ参照符号を付けることにより詳しい説明は省略する。

第4図の第1図の異なる点は、遮断器20が三相を同時に投入されるもので、各相個別に位相投入を制御する機能を持っていない。したがって、制御装置29から出力する投入位相も各相同じものである。実際の遮断器20では、各相の主接点26, 27, 28は機械的に接続されていて、1つの電気信号によって投入のための機械操作が行われるような構成が普通である。

30 最適投入位相演算装置40はこのような各相個別に投入位相を設定制御することのできない遮断器が使用されている三相変圧器1に対するものである。したがって、投入位相演算部45が演算するのは、各相を同時に投入する場合の励磁突流最大値を最小にする投入位相であり、これにともなって出力インターフェース44も1つだけでよい。

以下に、同時投入における励磁突流最大値が最小となる投入位相を算出する方法について説明する。

投入位相 $\alpha$ で3相同時投入されたときの各相を鉄心内の磁束密度を次式で表す。

$$\begin{aligned} B_u &= -B_m \{ \cos(\theta + \alpha) + \cos(\alpha) \} + B_{ru} \cdots \cdots \\ B_v &= -B_m \{ \cos(\theta + \alpha - 2/3 \cdot \pi) \\ &\quad + \cos(\alpha - 2/3 \cdot \pi) \} + B_{rv} \cdots \cdots (15) \\ B_w &= -B_m \{ \cos(\theta + \alpha + 2/3 \cdot \pi) \\ &\quad + \cos(\alpha + 2/3 \cdot \pi) \} + B_{rw} \cdots \cdots \end{aligned}$$

ここで、  
 $B_u, B_v, B_w$  ; U, V, W相鉄心内の磁束密度  
 $B_m$  ; 鉄心内の定格磁束密度波高値  
 $B_{ru}, B_{rv}, B_{rw}$  ; U, V, W相鉄心内の残留磁束密度  
 $\theta$  ;  $\omega t$  (時間変数の位相表現)  
 $\alpha$  ; 投入位相

$B_u, B_v, B_w$  の波形の山部の最大値の  $B_m$  に対する比率を  $\rho$  \*

$$\begin{aligned} \rho_{u1} &= 1 + \cos(\alpha) + \rho_{ru} \\ \rho_{v1} &= 1 + \cos(\alpha - 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rv} \\ \rho_{w1} &= 1 + \cos(\alpha + 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rw} \\ \rho_{u2} &= 1 - \cos(\alpha) + \rho_{ru} \\ \rho_{v2} &= 1 - \cos(\alpha - 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rv} \\ \rho_{w2} &= 1 - \cos(\alpha + 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rw} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \rho_{u2} &= 1 - \cos(\alpha) + \rho_{ru} \\ \rho_{v2} &= 1 - \cos(\alpha - 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rv} \\ \rho_{w2} &= 1 - \cos(\alpha + 2/3 \cdot \pi) + \rho_{rw} \end{aligned} \quad (17)$$

これらを図示したのが第5図、第6図、第7図であり、それぞれの相の残留磁束密度比率が、 $\rho_{ru}=0.7, \rho_{rv}=-0.7, \rho_{rw}=0.0$  の場合の例である。第5図はU相の磁束密度比率である  $\rho_{u1}, \rho_{u2}$  のグラフであり、横軸は投入位相  $\alpha$  で、 $\alpha$  が0から  $2\pi$  の1周期分を示しており、縦軸は磁束密度比率  $\rho$  である。同じように、第6図は  $\rho_{v1}, \rho_{v2}$  の、第7図は  $\rho_{w1}, \rho_{w2}$  のそれぞれのグラフである。

第5図を例にとると、 $\rho_{ru}$  は0.7と正の値であるから  $\rho_{u1}, \rho_{u2}$  のグラフはともに0.7だけ上に移動した形になっており、したがって  $\rho_{u1}$  または  $\rho_{u2}$  の絶対の最大値は  $\alpha=0.0$  での  $\rho_{u1}$  の値である1.7である。

第8図は  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}$  の  $\alpha$  の値ごとの最大値である  $\rho_1$  と、 $\rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$  の  $\alpha$  の値ごとの最小値である  $\rho_2$  とを示す線図である。この図での  $\rho_1$  のグラフは第5図、第6図、第7図の  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}$  のグラフの包絡線、 $\rho_2$  のグラフは  $\rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$  のグラフの包絡線になっている。

第9図は  $\rho_1$  と  $\rho_2$  との絶対値の大きい方の値である  $\rho_m$  のグラフであり、この  $\rho_m$  は結局6つの  $\rho$  である  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}, \rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$  の絶対値の  $\alpha$  ごとの最大値でもある。励磁突流最小となる最適投入位相  $\alpha_m$  はこの  $\rho_m$  が最小になるときの  $\alpha$  の値であり、図示のように  $\rho_m$  のグラフで谷を形成している底部に対応する  $\alpha$  の値である。

残留磁束密度比率  $\rho_{ru}, \rho_{rv}, \rho_{rw}$  を残留磁束演算部42で算出し、これを用いて  $\alpha_m$  を演算する方法は、 $\alpha=0.0$  から  $2\pi$  の間を一定の間隔で  $\alpha$  を変化させて (16)、

(17) 式の  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}, \rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$  の絶対値の最大値  $\rho_m$  を求めてゆき、この  $\rho_m$  が最小になるときの  $\alpha$  の値を  $\alpha_m$  とする。  $\alpha$  を変化させるときの間隔は例えば

\*  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}$ 、谷部のそれを  $\rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$ 、 $B_{ru}, B_{rv}, B_{rw}$  の  $B_m$  に対する比率を  $\rho_{ru}, \rho_{rv}, \rho_{rw}$  とすると、これら (15) 式の第1項の  $\cos$  の括弧の中が  $\pi$  になる  $\theta$  を代入することによって  $\rho_{u1}, \rho_{v1}, \rho_{w1}$  が得られ、0になる  $\theta$  を代入することによって  $\rho_{u2}, \rho_{v2}, \rho_{w2}$  が得られ、次式となる。

20 度数にして1度をとれば充分細かな間隔になり、その場合、角度の  $2\pi$  は360度であるから (16)、(17) 式の計算を異なる  $\alpha$  で360回繰り返すことになる。

このような方法はアルゴリズムとしては最も簡単であり、この程度の繰り返し回数では多くの場合実用上支障になるほどの演算時間にはならないし、更に演算時間を短縮する方法も適宜採用することができる。

第10図はこの実施例における残留磁束演算部42と投入位相演算部43に組み込まれるソフトウェアのブロック図である。第3図が各相の投入位相を個別に演算したのに対してこの図では、同時投入に位相算出410で前述のアルゴリズムに基づいた演算を行って最適投入位相  $\alpha_m$  を求める。

この実施例は同時遮断、投入方式の遮断器に適用することができる。したがって、前述の三相個別投入方式に適用可能な方式を適用できない既設の遮断器に対しても適用が可能であるという特長がある。この代わり三相個別投入方式に比べて励磁突流抑制効果は劣るという欠点がある。特に残留磁束が小さい場合に励磁突流抑制効果が小さくなるという特性があり、例えば、各相とも残留磁束が零の場合には  $\rho_m$  の値は1.87となって期待する励磁突流抑制効果は得られない。しかし、このような残留磁束が各相とも零であるのは三相変圧器が電力系統に投入される前の状態だけであり、いったん投入された後、何らかの理由で電力系統から切り離された場合には遮断位相によってそれぞれの相の値は異なるが、必ず残留磁束が残るものなので、この実施例が効果を生じないのは三相変圧器を最初に電力系統に投入するときだけであるといえる。このときは、励磁突流が発生するといえることがあらかじめ分かっているからそれなりの対策を講じることができる。また、このときも励磁突流を抑制するに

は、投入の前に直流を印加して三相変圧器の鉄心内に磁束を発生させて残留磁束を強制的に残すという方法を採用することができる。

〔発明の効果〕

この発明は前述のように、三相変圧器を電源から遮断したときに鉄心内に残る残留磁束を三相変圧器の相電圧から演算する残留磁束演算手段と、この残留磁束演算手段が演算した残留磁束から励磁突流を完全に抑制する最適投入位相を計算する投入位相演算手段から最適投入位相演算装置を構成し、この最適投入位相演算装置の出力信号としての最適投入位相に関する電気信号を従来からある三相個別に投入位相を制御可能な遮断器の制御装置に入力して、この最適投入位相に従って制御された投入位相で遮断器の主接点を投入する方式とした。その結果、三相変圧器の鉄心内の磁束が定常時の最大磁束を越えることがないので、励磁突流は全く発生せず遮断器による電源投入後直ちに定常状態の磁束の時間的変化をするようになる。また、残留磁束演算手段が演算した残留磁束からの各相を同時に投入する場合の励磁突流の最大値を最小にする投入位相を演算する投入位相演算手段を用い、この投入位相演算手段が演算した最適同時投入位相に関する電気信号を最適投入位相演算装置の出力信号として、この電気信号によって同時投入方式の遮断器の制御装置に入力して、この遮断器を最適同時投入位相で投入することによって三相個別に投入位相を制御する機\*

\*能を持っていない遮断器の場合でも励磁突流を抑制することができる。

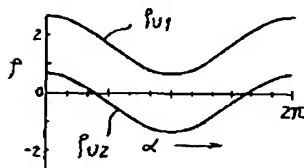
したがって、励磁突流に起因する三相変圧器の一次側の電圧の急激な降下などは生じず、この三相変圧器が接続される電力系統の電気の品質を著しく向上させることとなる。更に、前述のように従来の技術の組み合わせで容易に必要なとする装置が安価に製作可能であり、使用するコンピュータプログラムも技術計算に多用されるアルゴリズムで容易に作成が可能であるなど、この発明の実施の容易性という特長もある。

【図面の簡単な説明】

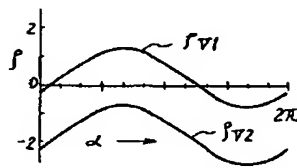
第1図はこの発明の実施例を示すブロック回路図、第2図はこの発明の実施例を示す磁束の時間変化の波形図、第3図は第1図の演算過程を示すブロック図、第4図はこの発明の別の実施例を示すブロック回路図、第5図、第6図、第7図、第8図、第9図はそれぞれ磁束密度比率の投入位相に対する関係を示す線図、第10図は第4図の演算過程を示すブロック図、第11図は励磁突流発生

の説明図としての回路図、第12図は同じく波形図である。  
1:三相変圧器、2,20:遮断器、21,22,23,26,27,28:主接点、25,29:制御装置、3:計器用変圧器(降圧手段)、4,40:最適投入位相演算装置、41:入力インタフェース、42:残留磁束演算部(残留磁束演算手段)、43,45:投入位相演算部(投入位相演算手段)、44:出力インタフェース。

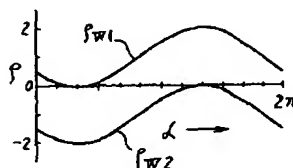
【第5図】



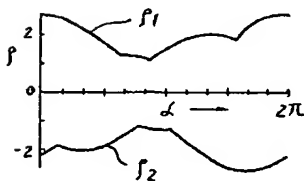
【第6図】



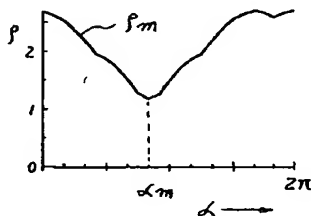
【第7図】



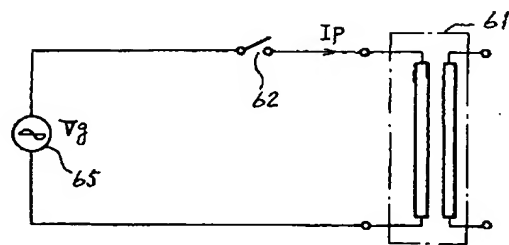
【第8図】



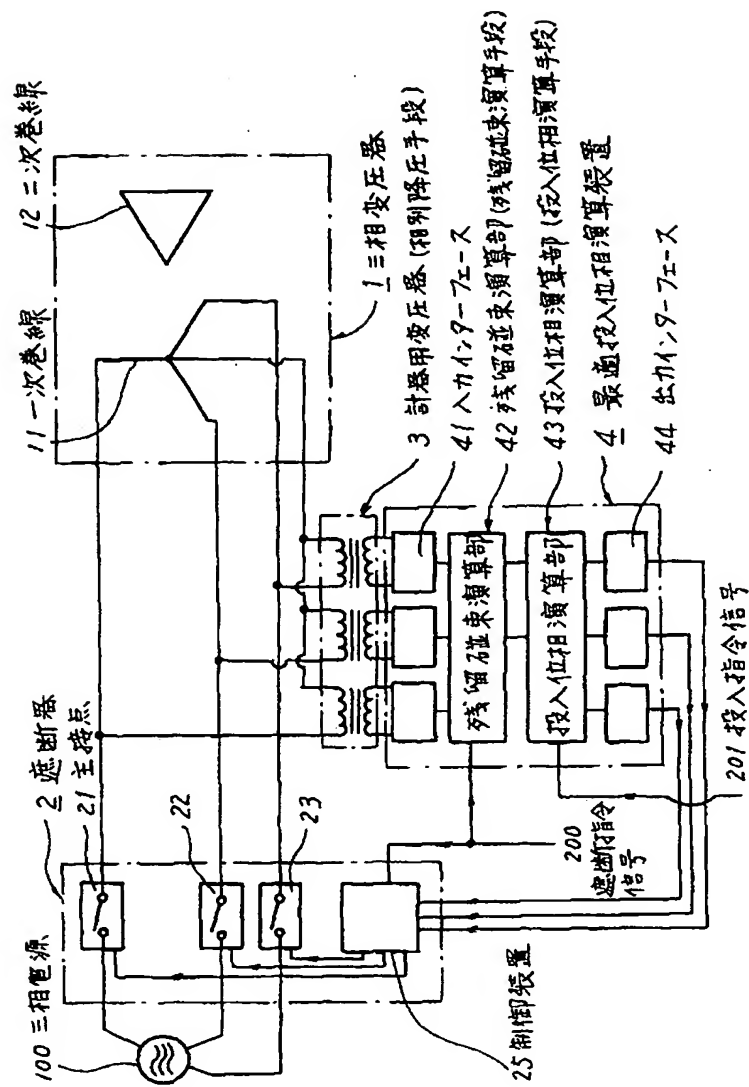
【第9図】



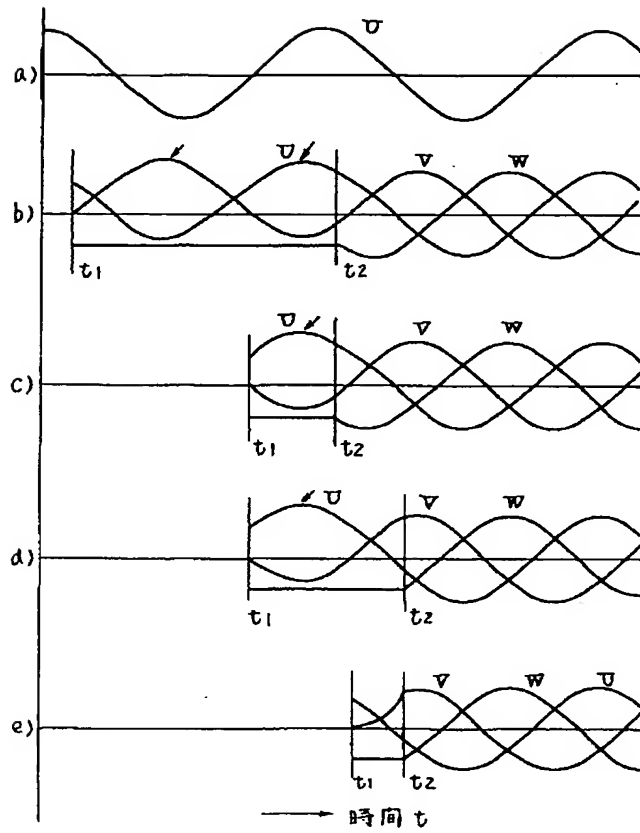
【第11図】



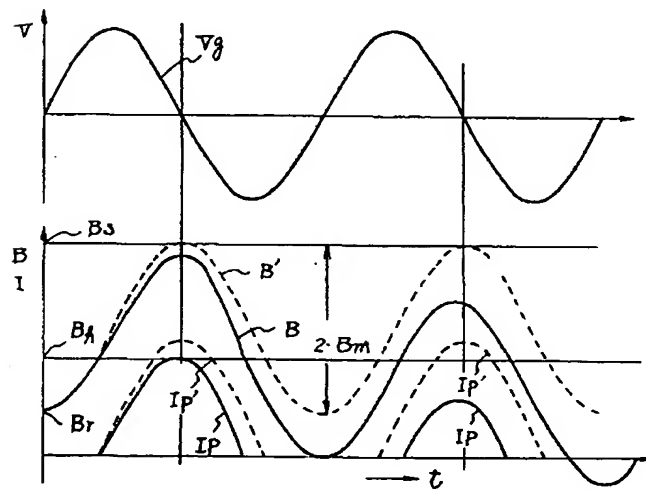
【第1図】



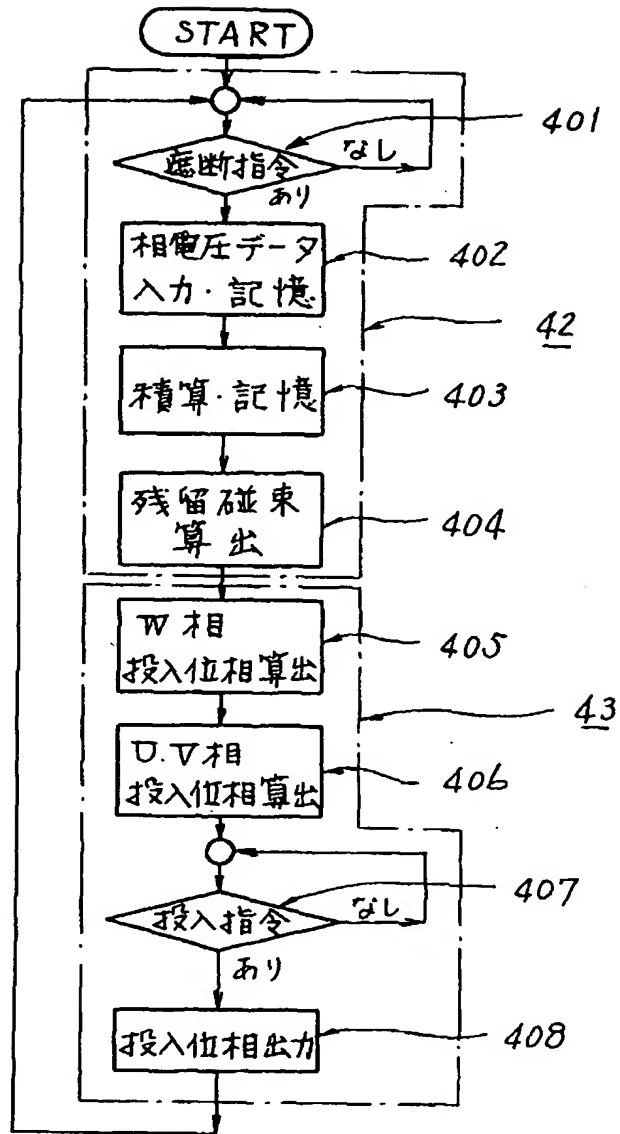
【第2図】



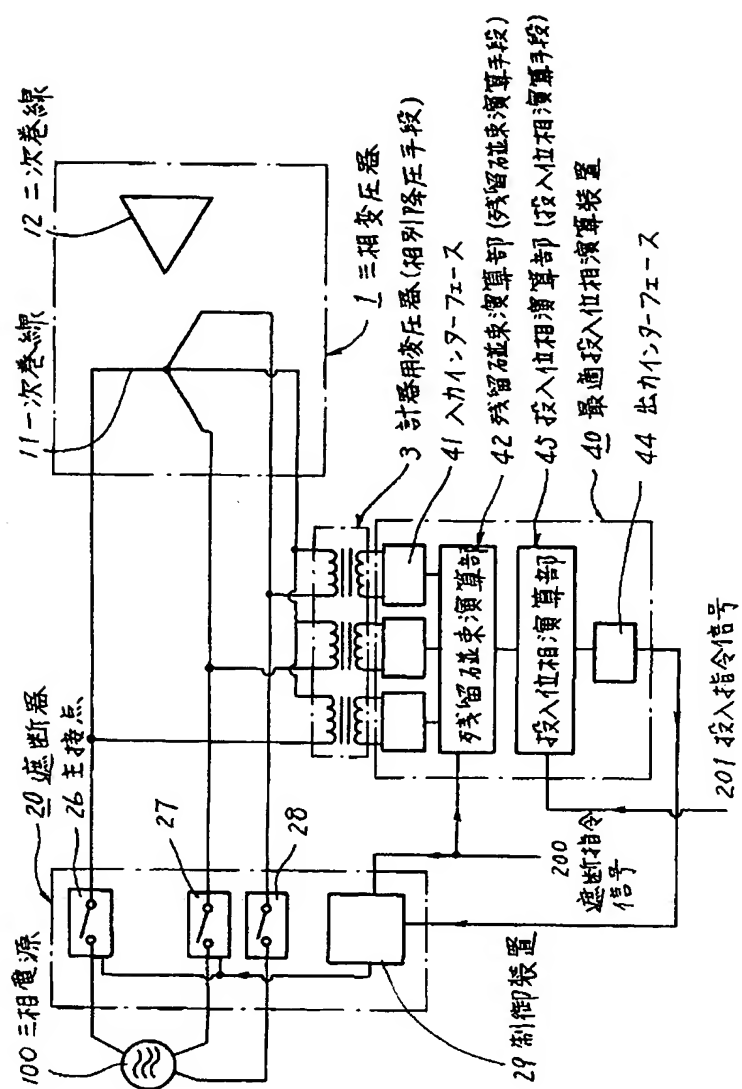
【第12図】



【第3図】

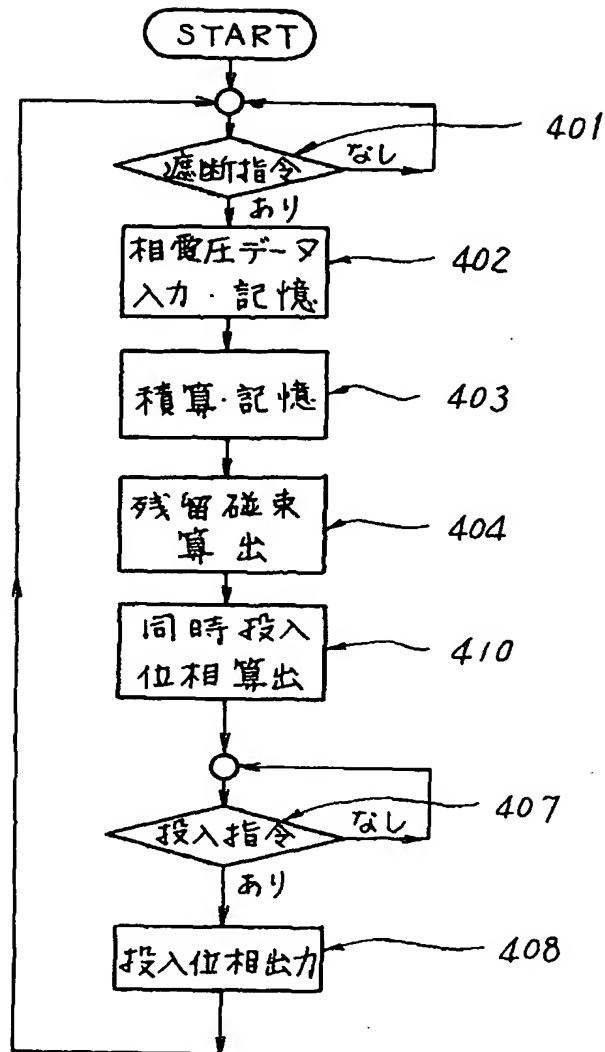


【第4図】





【第10図】



フロントページの続き

(72)発明者 古川 初吉  
愛知県名古屋市緑区大高町北関山20番地  
の1 中部電力株式会社内

(72)発明者 岩上 守彦  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内

(56)参考文献 特開 昭53-99445(JP,A)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**